

嚥下困難者用介護食の許可基準における TPA 試験法に関する考察

著者名(日)	秋間 彩香, 塚部 春香, 稲葉 由唯, 谷米 (長谷川) 温子, 熊谷 仁
雑誌名	共立女子大学家政学部紀要
巻	60
ページ	81-90
発行年	2014-01
URL	http://id.nii.ac.jp/1087/00002941/



嚥下困難者用介護食の許可基準における TPA 試験法に関する考察

Discussion on the parameters obtained by TPA (Texture Profile Analysis) with Relevance to
Care Foods for Dysphagic Patients

秋間彩香・塚部春香・稲葉由唯・谷米（長谷川）温子・熊谷 仁

Ayaka AKIMA, Haruka TSUKABE, Yoshii INABA, Atsuko HASEGAWA-TANIGOME,
and Hitoshi KUMAGAI

1. 緒言

近年、65 歳以上の高齢者が日本の総人口の 20% 以上という社会の高齢化に伴い、食物の嚥下の際に食物が食道から胃という正常な経路を通らず、気管から肺へ到達してしまう、いわゆる誤嚥を起こす高齢者が増大している¹⁾。誤嚥に起因する誤嚥性肺炎は、日本人の死因の第 3 位を占め²⁾、特に高齢者に多い。誤嚥を起こす嚥下障害者に対しては、チューブを用いる経口栄養も試みられているが、高齢者の QOL (Quality of Life) を考えれば、種々の食物を口から食べられることは重要である。高齢者が誤嚥する大きな理由の一つが咽頭部において食塊の通過のタイミングが取れないことにあることから、増粘剤（トロミ調整食品）やゲル化剤を用いた介護食の開発が行われている。しかし、介護食として適した食品物性については未だ十分に明らかではない。

一般に、べたつく食品、ばらばらになりやすい食品は飲み込みにくいことから、「べたつき」の度合いが小さく、咽頭部での「まとまりやすさ」が良好な食品が嚥下機能の低下した高齢者に適しているとされる²⁴⁾。この場合の「まと

まりやすさ」とは、“口腔内において食塊形成をしやすい”という意味である。ゼラチンなどのゲル化剤を用いた食品がこうした意味でべたつきはそれほどではなく、“まとまりやすい”ことは、直感的には納得できる。しかし、このような“べたつき”や“まとまりやすさ”の程度を客観的、定量的にどのように評価すべきかが大きな問題である。

機器により、“べたつき”や“まとまりやすさ”を評価する方法としてよく用いられているのが、Texture Profile Analysis、すなわち TPA 試験である⁵⁶⁾。TPA 試験とは、円筒形の試料の上部にレオメータに装着した平らなプランジャーを当てて一定の速度（測定速度）で 2 回圧縮し、応力 vs. 歪みの関係を測定する試験方法である。そして、1 回目の圧縮ピークの高さがかたさ (hardness)、その直後の引っ張り過程の負の応力を示すピーク面積が付着性 (adhesiveness)、2 回目の圧縮ピークと 1 回目の圧縮ピークの面積比が凝集性 (cohesiveness) と定義される。2009 年に、厚生労働省は、旧「高齢者用食品」にあった「そしゃく・えん下困難者用食品」を廃止し、「えん下困難者用食品」の基準を策定した（2010 年に消費者庁に移管）

^{7,8)}。その基準で定められている TPA 試験の方法においては、定められた円筒状の容器に入れた直径 40 mm、高さ 15 mm の食品試料を樹脂製のプランジャーにより測定速度 10 mm/s、クリアランス 5 mm の条件で 2 回圧縮する測定法が採用されている。評価基準には「硬さ」(「えん下困難者用食品」の基準では硬さという漢字が用いられている)、「付着性」、「凝集性」の 3 つのパラメータに関して、許可基準Ⅰ(重度の障害者用)から許可基準Ⅲ(軽度の障害者用)までそれぞれの範囲が設定されている⁹⁾。以下、本論文では、「えん下困難者用食品」の基準法で求めたパラメータを「」つきで示す。しかし、TPA 試験から求められるパラメータがヒトの口腔内における食物・食塊の挙動とどの程度関連があるかは明らかでない。液状、固体様々な性状をとる試料を円筒容器に入れて測定して得られたパラメータに関して、一律な物理的な意味づけをすることには疑問がある。また、TPA 試験には、プランジャー速度の測定値への影響、測定機器による測定値の差異も一部指摘されている⁹⁾が、基準にある測定速度などの測定条件についての根拠も不明である。

本研究では、誤嚥しやすいといわれている水、誤嚥しにくいといわれているヨーグルト、市販のゲル化剤、増粘剤など性状の異なる試料を用いて、厚生労働省が設定した「えん下困難者用食品」の基準法に準拠した TPA 試験を行い、測定速度やプランジャー高さなど測定条件の問題点について検討を行った。

2. 方法

2. 1. 試料および試料調製方法

2. 1. 1. 試料

水は、サントリーホールディングス株式会社(大阪)製“天然水南アルプス”を、ヨーグルトは株式会社明治(東京)製、“明治ブルガリアヨーグルト LB81 (低糖)”を用いた。増粘剤としてトロミ調整食品(トロミパーフェクト、日清オイリオグループ株式会社、東京)、ゲル

化剤として κ -カラギーナン製剤(クールアガー、新田ゼラチン株式会社、大阪)と寒天製剤(かんてんクック、伊那食品工業株式会社、長野)を用いた。

2. 1. 2. 試料調製方法

増粘剤溶液に関しては、200 mL 容のビーカーに蒸留水を秤量し、所定のトロミ調整食品のパウダーを添加し、攪拌機にて 2 分間攪拌を行った後、容器に分注し 20℃ の恒温槽に 30 分保持したものを試料とした。試料調製後の保持時間に関して、15、30、60、120 分における時間依存性を確認した結果、大きな違いがないことを確認した上で、30 分とした。

κ -カラギーナン製剤に関しては、ビーカーに蒸留水を秤量し、所定量の κ -カラギーナン製剤のパウダーを添加し、マグネットスターラーつきホットプレートを用いて攪拌しながら 80℃ まで加熱を行った。さらに 80±2℃ を保持しながら 5 分間攪拌して完全に溶解させた。 κ -カラギーナン製剤から調製された試料に関しては、濃度 1.4% ではゾル、1.6% 以上ではゲルであることが確認された。室温下で 55℃ まで降温し濃度調整後、直径 40 mm、高さ 15 mm のステンレス容器に分注し、20℃ の恒温槽に 22±2 時間保持したものを試料として測定に用いた。

寒天製剤については、ビーカーに蒸留水を秤量し、所定量の寒天製剤のパウダーを添加し、マグネットスターラーつきホットプレートを用いて攪拌しながら 100℃ まで加熱を行った。さらに 100±2℃ を保持しながら 5 分間攪拌して完全に溶解させた。室温下で 55℃ まで降温し濃度調整後、直径 40 mm、高さ 15 mm のステンレス容器に分注し、20℃ の恒温槽に 22±2 時間保持したものを試料として測定に用いた。寒天製剤から調製された試料に関しては、濃度 0.1% 以上でゲルであることが確認された。

2. 2. TPA 試験

装置としては、山電（東京）社製のレオメータ“レオナー RE-33005”を用いた。

TPA 試験に関しては、「えん下困難者用食品」の基準の測定方法に準拠して⁸⁾、直径 40 mm のステンレス製のシャーレに高さあるいは深さ 15 mm に充填した試料を、樹脂製プランジャーを用いてクリアランス 5 mm（変形率 66.6%）で、試料の中心部を 2 回連続圧縮した。得られた TPA 曲線（応力 vs. 歪みプロット）から、1 回目の圧縮ピークの高さである「硬さ」、その直後の引っ張り過程のピーク面積である「付着性」、2 回目の圧縮ピークと 1 回目の圧縮ピークの面積比である「凝集性」を算出した。測定温度は、試料の保存温度と同一とした。

測定速度については、基準の試験方法で定められた 10 mm/s に加え、従来から TPA 試験で多く使われてきた速度である 1 mm/s でも測定を行った。

プランジャーに関しては、「えん下困難者用食品」の基準の試験方法に定められている直径 20 mm、高さ 8 mm の樹脂製円筒型プランジャーに加えて、直径 20 mm、高さ 25 mm の樹脂製円筒型プランジャーも測定に使用した。

3. 結果

3. 1. 水およびヨーグルトに関する検討

図 1 に水およびヨーグルトの TPA 曲線を示す。横軸は移動歪率をとっている。測定速度に関しては、水、ヨーグルト共に、測定速度 10 mm/s における波形の横幅が 1 mm/s の場合より広がった。また、上図に示す水に関しては、高さ 8 mm のプランジャーにおける波形が乱れているが、25 mm の場合では波形の乱れは観測されなかった。高さ 15 mm の容器に充填した試料を 66.6% 圧縮した場合、プランジャーは試料内部に 10 mm 入るためプランジャーの高さが 8 mm ではプランジャー上部に試料が乗ってしまう。そのために高さ 8 mm のプランジャーでは 25 mm のプランジャーにはない

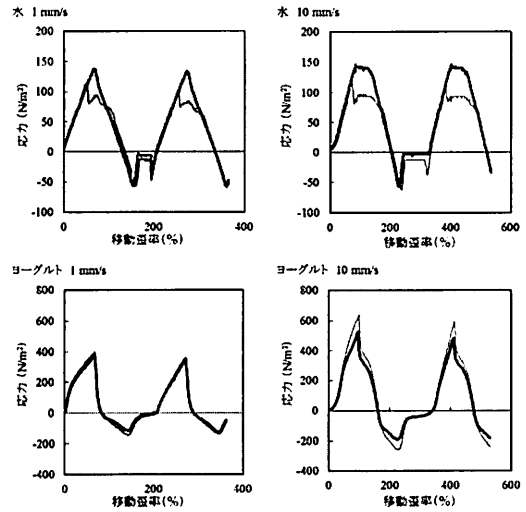


図 1 水、ヨーグルトの TPA 曲線
— 8 mm — 25 mm

乱れが見られたと推察される。しかし、下図に示すヨーグルトに関しては、プランジャーの高さが 8 mm の場合であっても波形の乱れは観測されなかった。

図 2 に水とヨーグルトに関して、「硬さ」、「付着性」、「凝集性」の値を示す。上図に示す「硬さ」に関しては、水の値は、プランジャー高さ 25 mm の方が僅かではあるが大きく、測定速度 1 mm/s と 10 mm/s とでは差が見られなかった。一方、ヨーグルトに関しては、測定速度が高いとプランジャーの高さによってパラメータの値に差が生じていたが、水とは異なり測定速度による値の差の方が大きかった。測定速度 10 mm/s においては、1 mm/s のときに比べて「硬さ」の値に 100 ~ 200 N/m² 程度の差が生じていた。

「付着性」については、水・ヨーグルトのいずれも、測定速度によらず 8 mm のプランジャーで測定した場合の方が、値が大きいことが確認された。

「凝集性」に関しては、水において、いずれの測定速度、プランジャーの高さの条件であっても 1 よりもやや小さい結果となった。

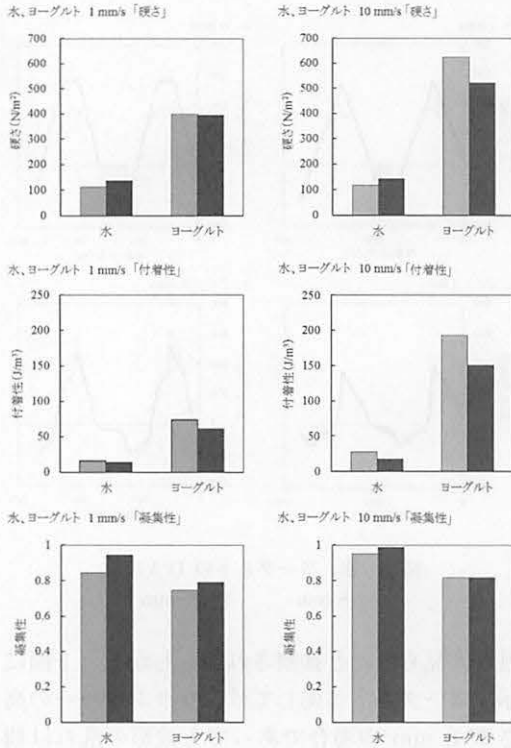


図 2 水、ヨーグルトの TPA 試験から求められるパラメータ
 ■ 8 mm ■ 25 mm

3. 2. 増粘剤溶液・ゲル化剤に関する検討

図 3 ～ 5 に増粘剤溶液・ゲル化剤から調製された試料の典型的な TPA 曲線を示す。濃度の低い増粘剤 0.5%、 κ -カラギーナン製剤 1.4% (ゾル状態) では水と同様に、8 mm のプランジャーでの測定で波形の乱れが確認された。増粘剤 2.0% および 4.0%、ゲル化している κ -カラギーナン製剤 2.0% および 3.0% ではヨーグルト同様に波形の乱れは見られなかった。寒天に関しては、圧縮により破壊されやすい試料であるためか、いずれの測定条件であっても、山が複数あらわれる波形であった。また、測定速度 10 mm/s では、いずれの TPA 曲線においても、図 1 と同様に 10 mm/s の波形の横幅は 1 mm/s よりも広がった。

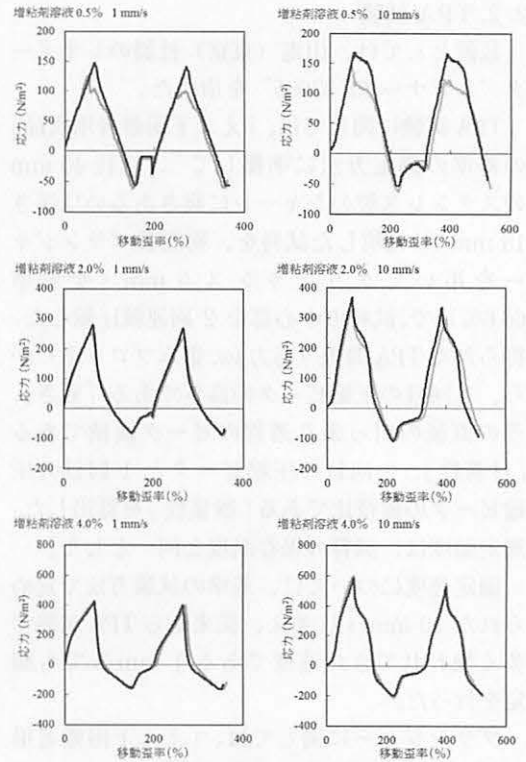


図 3 増粘剤溶液の TPA 曲線
 — 8 mm — 25 mm

増粘剤溶液・ゲル化剤から調製された試料に関して、図 6 に「硬さ」、図 7 に「付着性」、図 8 に「凝集性」の値を示す。

「硬さ」に関しては、高さ 25 mm のプランジャーによる測定の方が、値が大きい傾向が見られた。プランジャー高さによる差は、試料については増粘剤よりも「硬さ」の値が大きいゲル化剤の方が、測定速度については 10 mm/s の方が顕著であった。

「付着性」に関しては、いずれの試料、いずれの測定条件においても、値が「えん下困難者用食品」のうちの重度の障害者用の許可基準 I で設定されている数値⁸⁾を下回る結果となった。“誤嚥しやすい”水も重度の障害者用の許可基準 I の範囲内の数値であることから、許可基準の数値設定の見直しや「付着性」の下限值

嚥下困難者用介護食の許可基準における TPA 試験法に関する考察

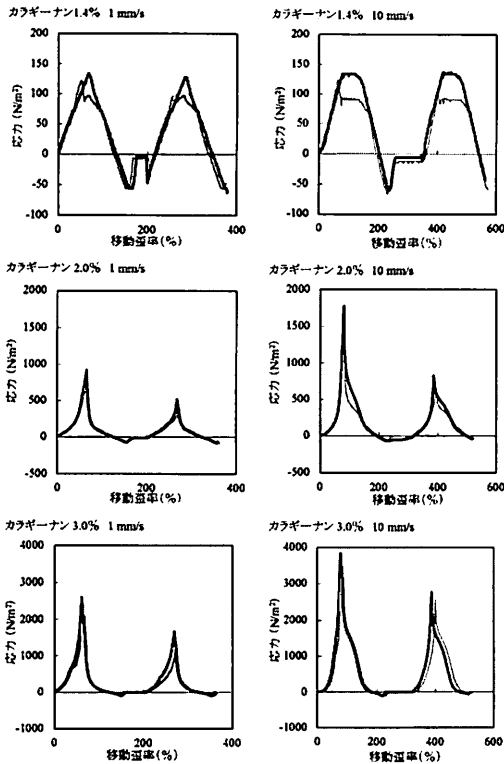


図 4 カラギーナン製剤の TPA 曲線
— 8 mm — 25 mm

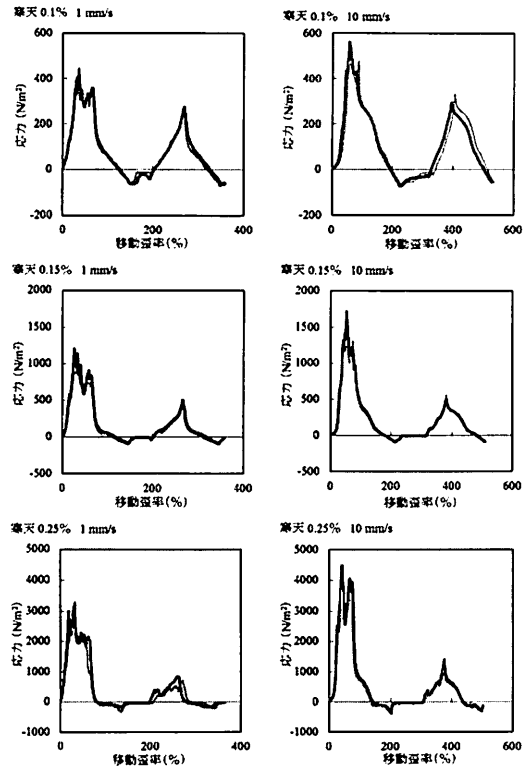


図 5 寒天製剤の TPA 曲線
— 8 mm — 25 mm

の設定が必要であると考えられる。また、プランジャー上部に試料が乗ってしまう場合(0.5%増粘剤、1.4% κ -カラギーナン製剤)では、プランジャー高さ 8 mm での測定の方で値が大きくなる傾向が見られた。

「凝集性」に関しては、プランジャーの高さによって TPA 曲線に差が見られた試料については 高さ 25 mm のプランジャーの測定の方が、値が大きくなる傾向が見られた。しかし、TPA 曲線に大きな違いが見られなかった高濃度の増粘剤溶液やゲルでは、測定速度によって、値の大小が逆転していた。このことは、低粘度の試料以外ではプランジャーの高さなどの測定条件による差よりも、大変形の測定下での測定値のばらつきが大きいことを示しているのではないかと考えられる。

4. 考察

4. 1. プランジャー高さの測定値への影響

図 1 上図に示す水の TPA 曲線に関しては、高さ 8 mm のプランジャーにおける波形が乱れているが、25 mm の場合では波形の乱れは観測されなかった。一方、図 1 下図に示すヨーグルトについては波形の乱れが観察されなかった。図 3～5 に示す増粘剤溶液とゲル化剤から調製された試料の TPA 曲線については、図 3 上図の低濃度(低粘度)の増粘剤溶液、図 4 上図の 1.4% κ -カラギーナン製剤(ゾル状態にある)に関して、波形の乱れが高さ 8 mm のプランジャーにおいて観測されたが、25 mm の場合では観測されなかった。「えん下困難者用食品」の基準においては、試料容器の高さが

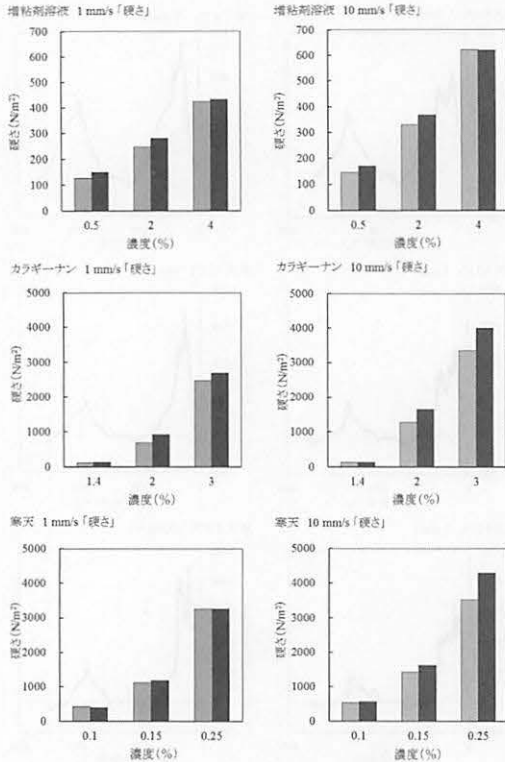


図 6 増粘剤溶液、カラギーナン製剤、寒天製剤の TPA 試験から求められた「硬さ」
■ 8 mm ■ 25 mm

15 mm、プランジャーの高さが 8 mm に設定されている⁸⁾。高さ 15 mm の容器に充填した試料を 66.6% 圧縮した場合、プランジャーは試料内部に 10 mm 入るためプランジャーの高さが 8 mm ではプランジャー上部に試料が乗ってしまう。そのために高さ 8 mm のプランジャーでは 25 mm のプランジャーにはない乱れが見られたと推察される。しかし、高粘度の増粘剤溶液や、ゲル状試料の場合、プランジャーが試料内か試料内部から上昇する時間内で試料がプランジャー上部に乗らなかったために、波形が乱れなかったと考えられる。このように低粘性の液状試料では、プランジャー高さの違いによる TPA 曲線の波形は乱れるが、原理的に影響を受けるはずである「硬さ」や「凝集性」の値については、図 2 (水)、図 6 (増粘剤)

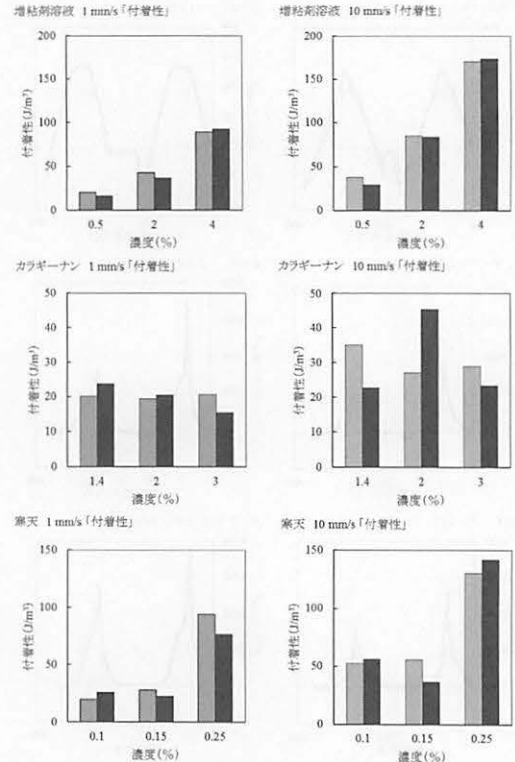


図 7 増粘剤溶液、カラギーナン製剤、寒天製剤の TPA 試験から求められた「付着性」
■ 8 mm ■ 25 mm

や図 8 (κ -カラギーナン製剤) の上図に見られるように、明らかにプランジャー上部への試料付着による測定値の差はあるが、その差は小さい。

「付着性」とプランジャー高さの関係についても、プランジャー上部に試料が乗ってしまう場合 (図 2 中国の水、図 6 の 0.5% 増粘剤、1.4% κ -カラギーナン製剤) では、プランジャー高さ 8 mm での測定の方で値が大きくなる傾向が見られた。これは、「付着性」というパラメータが、1 回目の圧縮後にプランジャーが上方向に戻る際 (引っ張り過程) の負の応力を示すピーク面積として算出されているため、本来「付着性」とは関係ないはずの試料がプランジャー上部に乗ってしまう際にかかる負荷も、「付着性」として測定されているためと推察さ

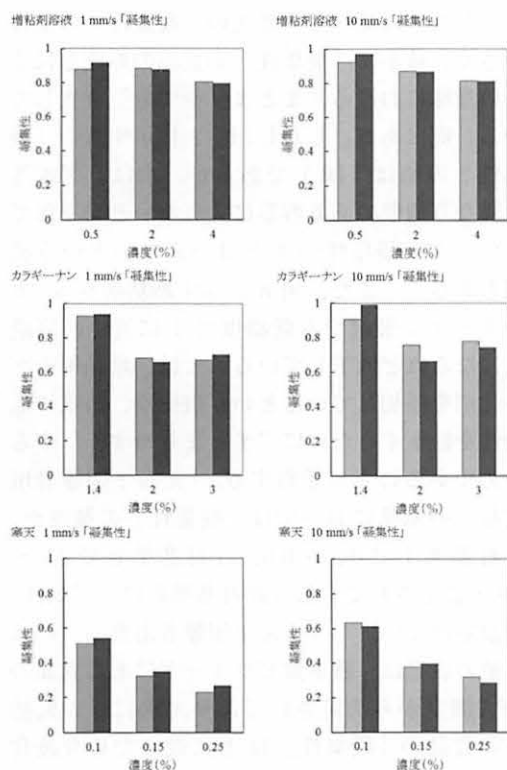


図 8 増粘剤溶液、カラギーナン製剤、寒天製剤の TPA 試験から求められた「凝集性」

■ 8 mm ■ 25 mm

れる。しかし、高濃度の増粘剤溶液やゲルについては、プランジャーの高さ、測定速度や濃度による規則性は見られなかった。これは、大変形の測定であるため、同じ試料であっても、側面や底面に試料が付着し続けていたりプランジャーから試料が離れたりと異なる挙動を示す可能性が考えられる。つまり、高粘度の溶液やゲル状試料の測定においては、測定条件の多少の差異より、大変形測定に特有の測定値のばらつきの方が大きいことが示唆された。

増粘剤溶液、ゲル化剤から調製された試料の「硬さ」に関しては、高さ 25 mm のプランジャーによる測定の方が、値が大きい傾向が見られた。これは、プランジャー側面が試料から受ける摩擦力が大きくなるためと考えられる。

「えん下困難者用食品」の基準において、プ

ランジャー高さは、液状、ゲル状などの試料の性状によらず設定されており、これは試料によっては波形データのゆがみの一因にもなっている。「硬さ」や「凝集性」など、得られるパラメータに対する影響が小さいので見過ごされてきたと推察されるが、試料がプランジャー上部に乗った状態での測定は明らかに不適切であり、用いるプランジャーの高さについては、試料の性状を考慮して再検討する必要があると考えられる。

4.2. 測定速度のパラメータ値への影響

図 1 および図 3～図 5 に示す TPA 曲線において、いずれの試料についても、測定速度 10 mm/s の方が 1 mm/s の場合よりも波形の横幅が広がった。野内ら⁹⁾は、市販のレオメータ 4 機種を用いて、TPA 試験における測定速度が測定値に及ぼす影響について検討を行った。その結果、測定速度 10 mm/s においては、プランジャーの動作方向反転時のノイズや加速度の差異などの理由により機種間で測定に様々な違いが現れた。一方、測定速度 1 mm/s においては機種による差異は小さかった。本研究で使用した機器に関しても野内らの報告中のいくつかの機種と同様に、加速性が悪いため、測定速度が高いとプランジャー反転した際に一定速度に達するまでに時間がかかるためと考えられる。

波形の広がり程度は、面積が関与する「付着性」、「凝集性」に対しては影響を及ぼさずである。「付着性」については、図 2、図 6～図 8 の多くの試料で、波形の幅の広がりのため、ほとんどの試料において測定速度 10 mm/s における値の方が 1 mm/s の場合よりも大きかった。「凝集性」については面積比を取るためか、測定速度の大小による値の大小についての傾向ははっきりしなかった。

「硬さ」については、測定速度 10 mm/s の方が大きい傾向がある。これは、物理的意味を考えると、TPA 試験で求められるかたさは試料

の粘性的性質の影響を受けるので、測定速度が大きいが、値が大きくなったと考えられる。

本研究での図 2、図 6～図 8 に見られるように、測定速度による「硬さ」、「付着性」、「凝集性」値の差はそれほど顕著ではない。公的に嚥下障害者用の基準を作るうえでは、測定装置に依存しない測定値を得る必要がある。よって本研究の結果からも、TPA の測定速度においては、現基準における測定速度 10 mm/s より 1 mm/s として、嚥下障害者用介護食の許可基準を再構築することが望ましいと考えられる。

4. 3. TPA 試験から求められるパラメータの物理的意味に関する考察

前述のように、“まとまりやすい”食品が嚥下機能の低下した高齢者に適しているとされるが、この場合の“まとまりやすさ”とは咽頭部での“まとまりやすさ”、食塊の形成のしやすさ(ばらばらになりにくさ)を意味する。一方、TPA 試験から求められる凝集性は、“変形を加えた際の試料の回復のしやすさ”という意味における“まとまりやすさ”で、本来、食塊の形成のしやすさとは異なる概念である。例えば、ビスケットのように圧縮によって破壊されるような食品の場合、TPA 曲線の第 2 ピークの面積 A_2 の値は 0 に近くなるだろうから、凝集性の値は小さくなり、“まとまりやすさ”を評価している側面は見られる。しかし、全く破壊しない試料でも最初の圧縮後に形が復元するまでの時間が長ければ A_2 の値は小さく、復元するまでの時間が短ければ A_2 の値は大きくなる。このような凝集性が“まとまりやすさ”、つまり、嚥下しやすさの指標とされるようになったのは、嚥下困難者用介護食として優れた素材とされる²⁴⁾ゼラチンの方が、ばらばらになりやすいので介護食にはやや不向きとされた寒天より値が大きい¹⁰⁾ことによると考えられる。本研究における図 8 でも見られるように、 κ -カラギーナン製剤(見かけ上もやわらかく、壊れに

くいゲル)に比べて、寒天の「凝集性」の値は小さく、確かに「凝集性」が食塊の形成しにくさの意味における“まとまりやすさ”を表している一面はある。しかし、図 2 に示す水の「凝集性」の値はほぼ 1 であるが、水は、ゲル等と異なり側壁のある容器に入れないと形を保てないので、凝集性が 1 とはいえないという批判もある¹¹⁾。また、図 8 に示す増粘剤や κ -カラギーナン製剤でも低濃度で 1 に近く、高濃度になるほど低下していることは、増粘剤やゲル化剤を添加しているという根拠が、誤嚥の危険性を低下するために“まとまりやすく”するためであることに矛盾する。「えん下困難者用食品」の基準においては「凝集性」の範囲が、許可基準Ⅰで 0.2～0.6、許可基準Ⅱで 0.2～0.9 と設定されている(許可基準Ⅲに「凝集性」の設定はない)⁸⁾。「えん下困難者用食品」の基準値の設定は、嚥下食ピラミッドにある食品の TPA 測定から決定されており、水に近い低粘性の食品の「凝集性」は 1 に近いため介護食として不適切となり上限値が設定されたと考えられる⁸⁾。まとまりやすさの指標であるはずの「凝集性」の値に上限値が設定されているのも論理的に矛盾している。以上から、「凝集性」は、変形を受けた際の復元性という意味における“まとまりやすさ”とはいえるが、嚥下困難者用食品における誤嚥しにくさの指標としては、必ずしも適さないと考えられる。

「硬さ」に関しては、図 2、図 6 で述べたように、弾性的性質のみならず粘性的性質も反映した値と考えられ、単純圧縮試験から求められる弾性率や粘性率に比べて、物理的な意味づけが難しい。「付着性」に関しても、べたつきの程度は評価しているものの、許可基準にあるように樹脂製のプランジャーを用いると、ヒトの咽頭部における付着性(食品と粘膜との付着性)とは必ずしも一致しない恐れがある。「凝集性」も上述のように試料の性状によって異なる現象(緩和時間、もろさ、流動性など)を見ていると考えられる。以上から、TPA 試験から求め

られるパラメータである「硬さ」、「付着性」、「凝集性」は、複数の現象を含む量と考えた方がよさそうである。

これまで述べてきたように、「えん下困難者用許可基準」で設定されている測定条件にあるプランジャー高さや測定速度については再検討する余地がある。TPA 試験においては、「硬さ」、「付着性」、「凝集性」以外にも、波形の形状等から試料の変形挙動に関する他の情報も得られるためである¹²⁾。ただ、プランジャー高さや測定速度によるパラメータの値の差自体は図 2、図 6～図 8 に見られるように小さい。これは、上述のように、高粘度の溶液やゲル状試料の測定においては、大変形測定に特有の測定値のばらつきの方が大きいためと考えられる。測定速度に関しては、野内ら⁹⁾が述べているように、測定速度 1 mm/s の方が機種による差異は小さい。よって、TPA 試験から求められるパラメータを用いて嚥下困難者用介護食の物性指標を作るならば、現行の許可基準における圧縮速度 10 mm/s でなく、1 mm/s で測定した値を用いて基準値の範囲を再検討することが望ましいと考えられる。

5. まとめ

本研究では、誤嚥しやすいといわれている水、誤嚥しにくいといわれているヨーグルト、市販のゲル化剤、増粘剤など性状の異なる試料を用いて、厚生労働省が設定した「えん下困難者用食品」の基準法に準拠した TPA 試験を行い、測定条件の問題点について検討を行った。その結果、以下のような結論が得られた。

(1) TPA 測定に用いるプランジャーの高さについては、試料の性状を考慮して再検討する必要があると考えられた。

(2) 「硬さ」、「付着性」、「凝集性」などは、試料に固有の物性値ではなく、複数の要因が関与するパラメータと考えられた。

(3) 市販の測定装置を用いて汎用的に運用す

る嚥下困難者用介護食に関する評価値を得るためには、現基準における測定速度 10 mm/s より 1 mm/s の方が望ましいと考えられた。

引用文献

- 1) 厚生労働省, 人口動態統計月報年計 (確定数) 平成 23 年版
- 2) 金谷節子, 嚥下ピラミッド, tabedas, 18, 27-52 (2006)
- 3) 江頭文江, 栢下淳編著, 「嚥下食ピラミッドによる嚥下食レシピ 125」第 1 版, (医歯薬出版, 東京), (2007)
- 4) 金谷節子, 嚥下障害食の条件, 「嚥下障害食のつくりかた」, 第二版, 藤谷順子, 金谷節子, 林静子編, (日本医療企画, 東京), 17-19 (2002)
- 5) Rosenthal, A.J., Texture profile analysis – How important are the parameters? J. Texture Stud., 41, 672-684 (2010)
- 6) Pons, M. and Fiszman, S.M., Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems., J. Texture Stud., 27, 597-624 (2010)
- 7) 厚生省生活衛生局新開発食物保健対策室, 高齢者用食物の表示許可基準の策定について (1994)
- 8) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知: 特別用途食品の表示許可等について (2009)
- 9) 野内義之, 安食雄介, 飛塚幸喜, 佐々木朋子, 神山かおる, 2 バイトテクスチャー試験における測定条件の検討, 日本食品科学工学会誌, 59, 96-103 (2012)
- 10) 栢下淳, 山縣誉志江, 嚥下困難者用食品の物性, 臨床栄養, 119 (4), 364-367 (2011)
- 11) On the Parameters of Texture Profile Analysis", K. Nishinari, K. Kohyama, H. Kumagai, T. Funami, and M. C. Bourne, Food Science and Technology, Research, 19 (3), 519-521 (2013)

- 12) 熊谷仁, 熊谷日登美, 4. 食品の物性, 「食品学 I - 食品の化学・物性と機能性」, 加藤保子, 中山勉 編 (南江堂, 東京), 117-132 (2007)